

第2回銀河進化研究会（名古屋大学）

レンズクエーサーを用いた 多視線分光観測による金属吸収体の 統計的調査

小山田涼香(信州大学)

三澤透(信州大学)

稻田直久(奈良工業高等専門学校)

大栗真宗(東京大学)



SHINSHU
UNIVERSITY

2015. 06. 04

概要

○目的○

銀河の形成・進化のプロセスを解明するには、銀河周辺物質(;CGM)の性質と構造を知ることが必須である。本研究はクエーサー吸収線を用いて、CGMの形態(サイズ・分布)について理解することを目的とした。

○手法○

多視線情報をもつレンズクエーサー13天体の低-中分散分光データを用いて、銀河およびCGMの金属吸収線の統計的調査を行った。

これは空間情報が取得できる多視線分光観測の吸収線調査において最大規模の統計的調査である。

○結果○

同定した吸収体を高電離吸収体と低電離吸収体のサブサンプルに分割して、傾向を調査した結果、吸収体の典型的なサイズに差異があることがわかった。

1. イントロダクション

○銀河周辺物質CGMO

銀河の形態、星の種族と運動学、化学進化 \leftrightarrow CGMと密接にリンク

CGMからの物質の降着 \Rightarrow 銀河形成・進化の材料供給


銀河内の超新星爆発やAGNのアウトフロー \Rightarrow CGMへフィードバック

「CGM-銀河の強い繋がり」は様々な研究の議論のアプローチに用いられている
 (e.g., Weisheit 1978; Lanzetta & Bowen 1992; Charlton & Churchill 1996; Mo & Miralda-Escude 1996;
 Benjamin & Danly 1997; Charlton & Churchill 1998; Tinker & Chen 2008; Chelouche & Bowen 2010;
 Bouche et al. 2012)

CGMを調べる

銀河の過去の変遷、将来的な進化
 両方の手がかり

包括的な銀河環境
 の物理学的制約

○クエーサー吸収線を利用した銀河などの調査○

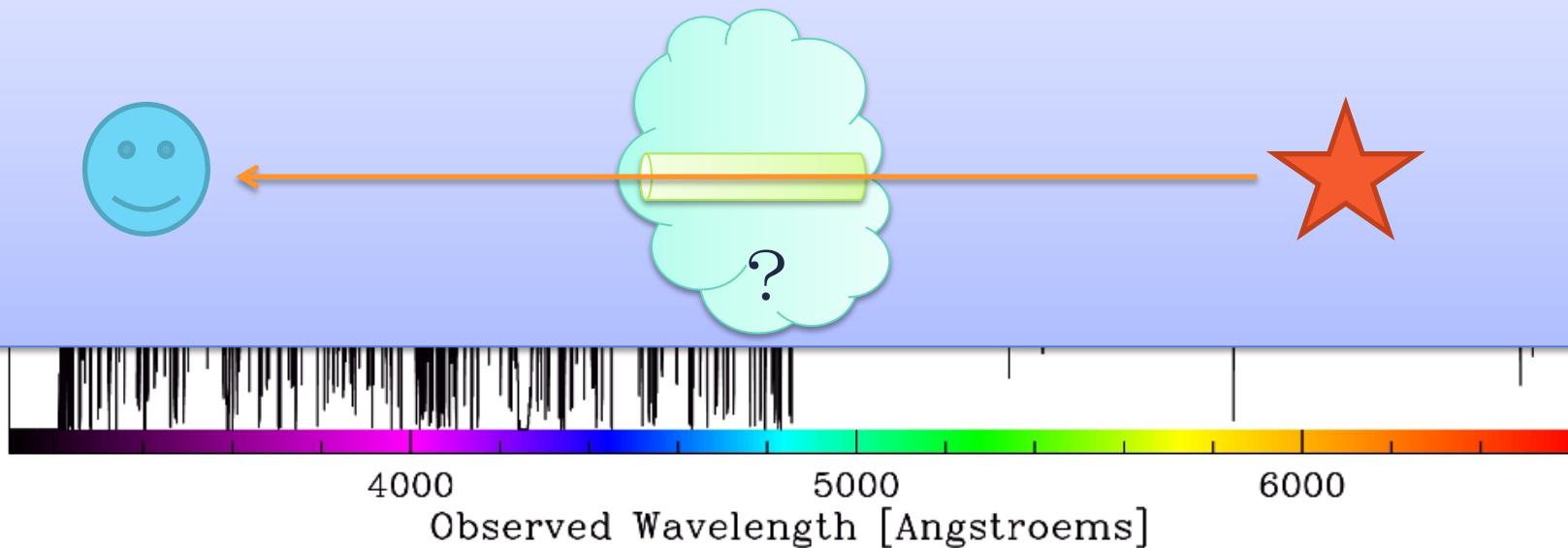
DLAsやMgII吸収線⇒銀河・CGMに関連する吸収体

MgII吸収体候補の天体

- (1) 銀河のディスク・ISM (e.g., Kacprzak et al. 2013)
- (2) 銀河のハロー (e.g., Charlton & Churchill 1996)
- (3) 超新星残骸 (e.g., Norman et al. 1996)

単視線分光観測のデメリット

クエーサーの視線上の情報しか手に入れられない

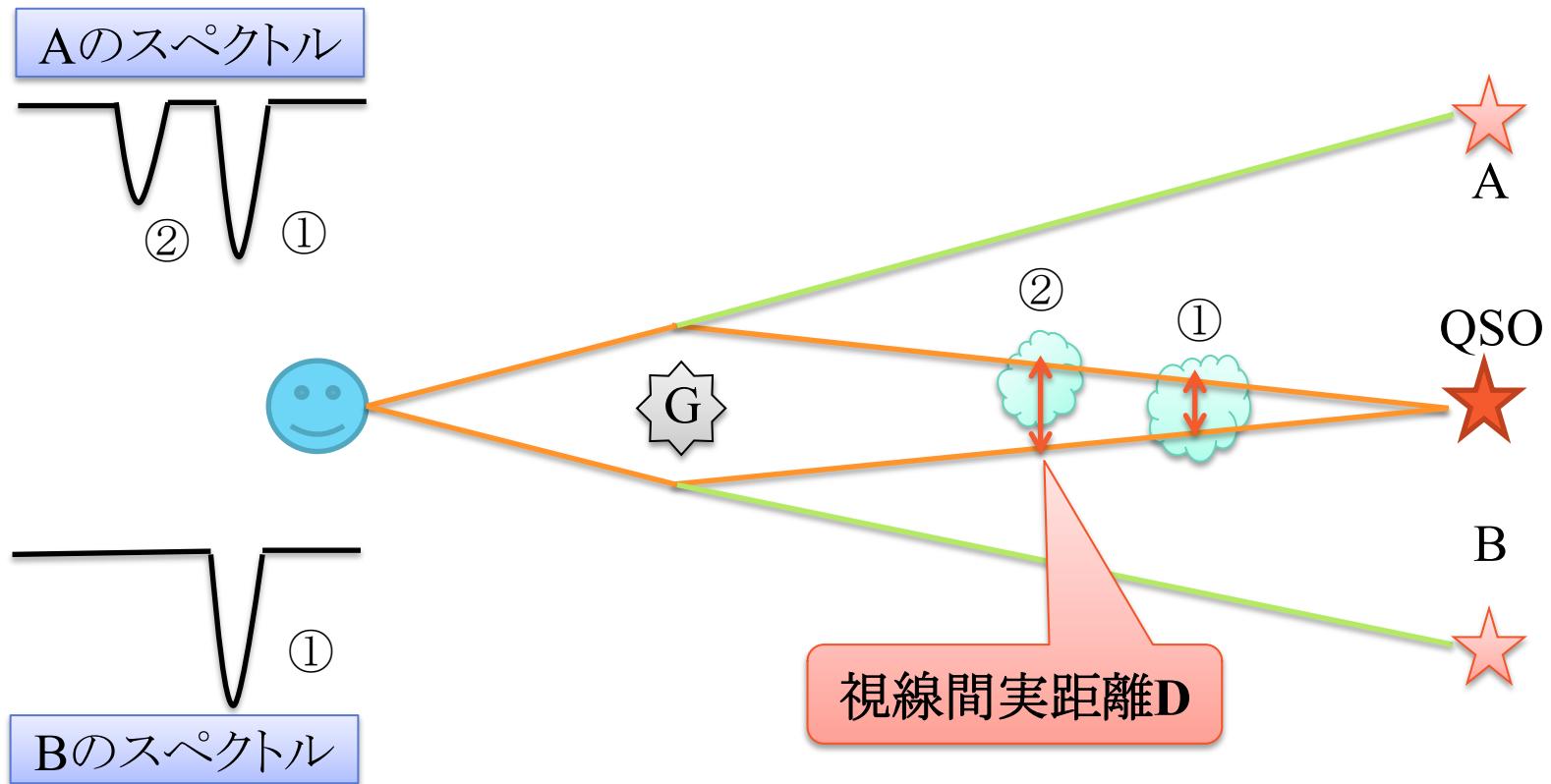


○レンズクエーサーを用いた多視線分光観測○

レンズ像をそれぞれ分光観測し、スペクトルを比較して吸収線の有無や強度の違いを調べることによって、吸史体のサイズなどの空間情報を入手することができる

視線間実距離D

吸史体の赤方偏移におけるサイトライン間の実距離



○金属吸収線の統計的調査○

単視線観測での金属吸収線の統計的調査

→数多く行われている

(Narayanan et al. 2007, Kacprzak et al. 2011, Nielsen et al. 2013, Hidalgo et al. 2012ほか)

多視線観測での金属吸収線の統計的調査

→大規模なサンプル数では未だ無く、定量的な評価もされていない

本研究の目的

我々が持つレンズクエーサー10天体の分光データ
+

過去の文献からのレンズクエーサー3天体の各吸収線データ
(Smette et al. 1995, Monier et al. 1998, Ellison et al. 2004)



(非一様なデータソースではあるが、)銀河・CGMに関連する金属吸収線の統計的調査を行い、吸収体の空間情報を含んだ一般的な傾向を探る

2. データと解析

- ◆ 13天体のレンズクエーサースペクトルから287本の金属吸収線を同定
- ◆ 取得したパラメータ

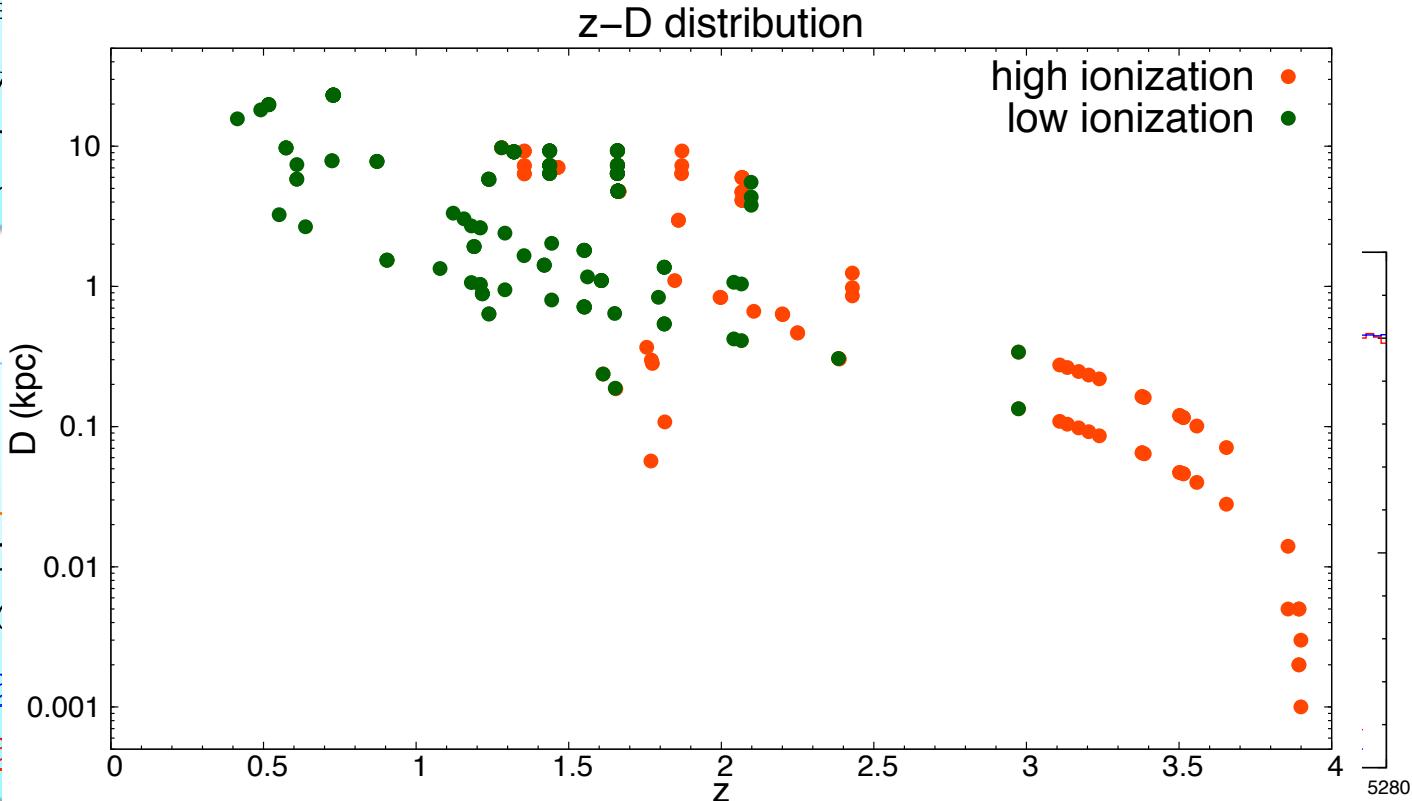
- サイトライン間の視線間実距離D (kpc)
- 各サイトライン
- 等価幅変動値

$$dEW = \frac{|EW|}{\text{mag}}$$

- ◆ サブサンプル

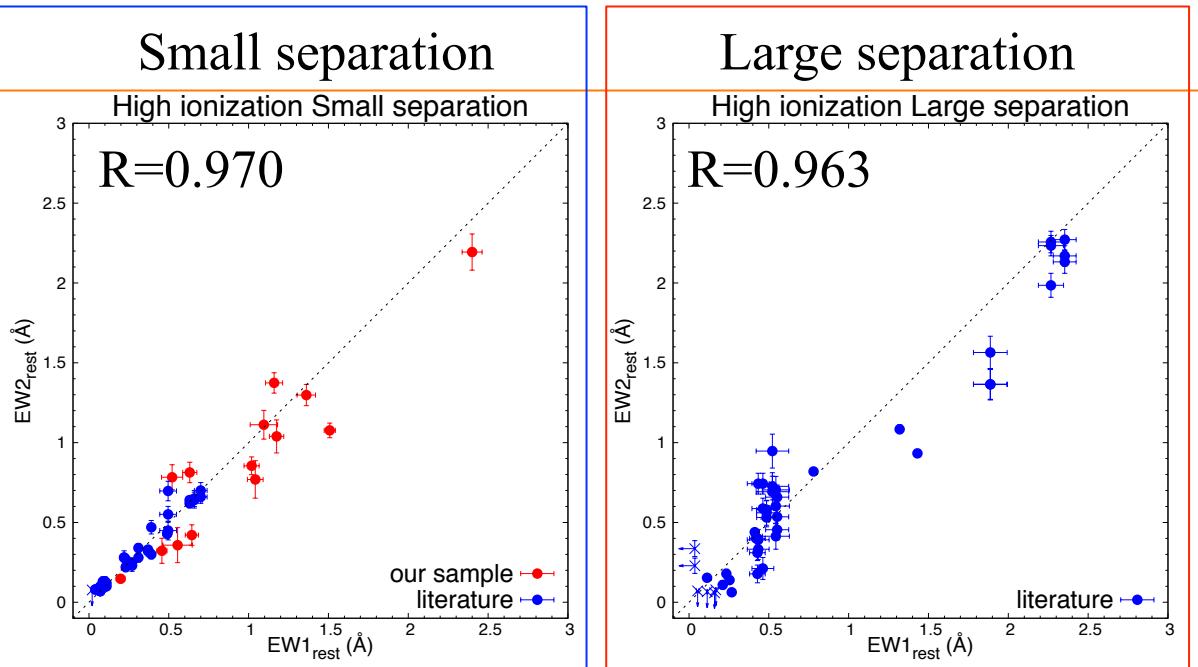
- 電離度の違い
CIV, SiIVを主とした
MgII, FeIIを主とした
- 視線間実距離D
D<2kpcを Small separation
D>2kpcを Large separation

【電離度サブサンプルの赤方偏移zと視線間実距離Dの分布】

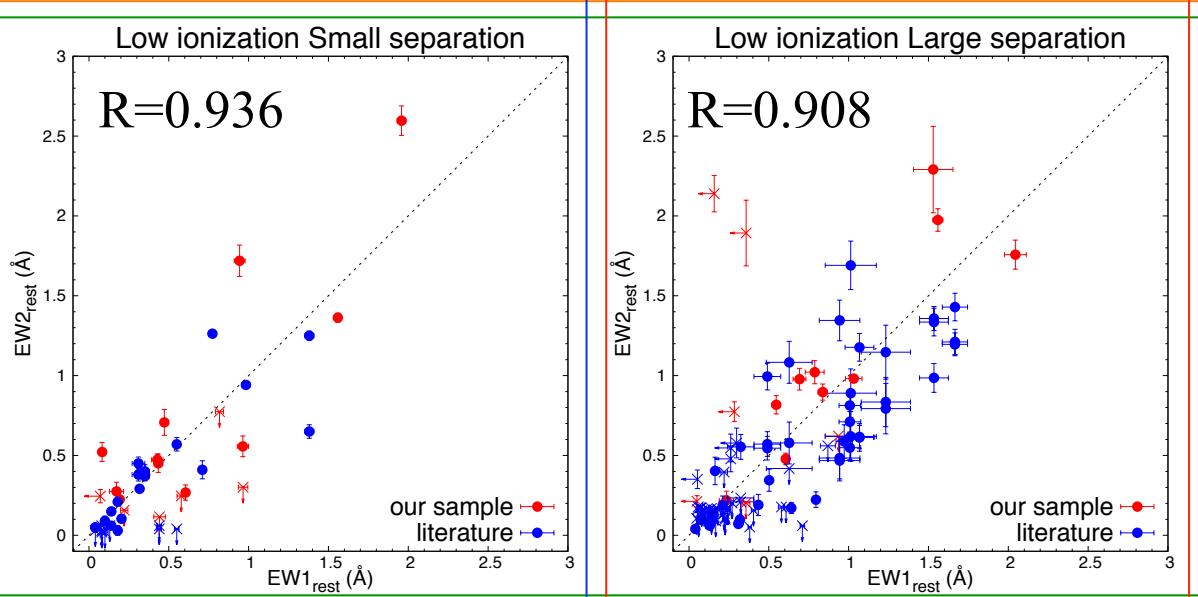


3. 結果 その1【各サブサンプルにおける EW_1 と EW_2 の比較】

高電離吸収体



低電離吸収体



※×点:一方のサイト
ラインのEWが
 $3\sigma(\text{EW})$ 以下

その2【電離度サブサンプルの視線間実距離Dと等価幅変動値dEWの傾向】

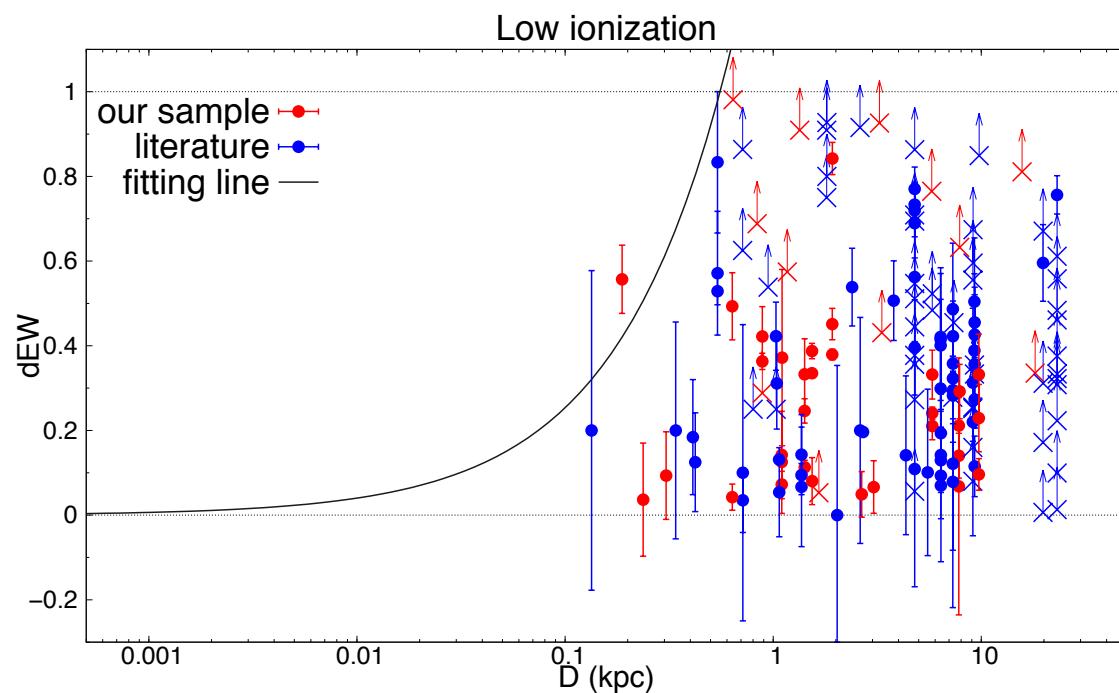
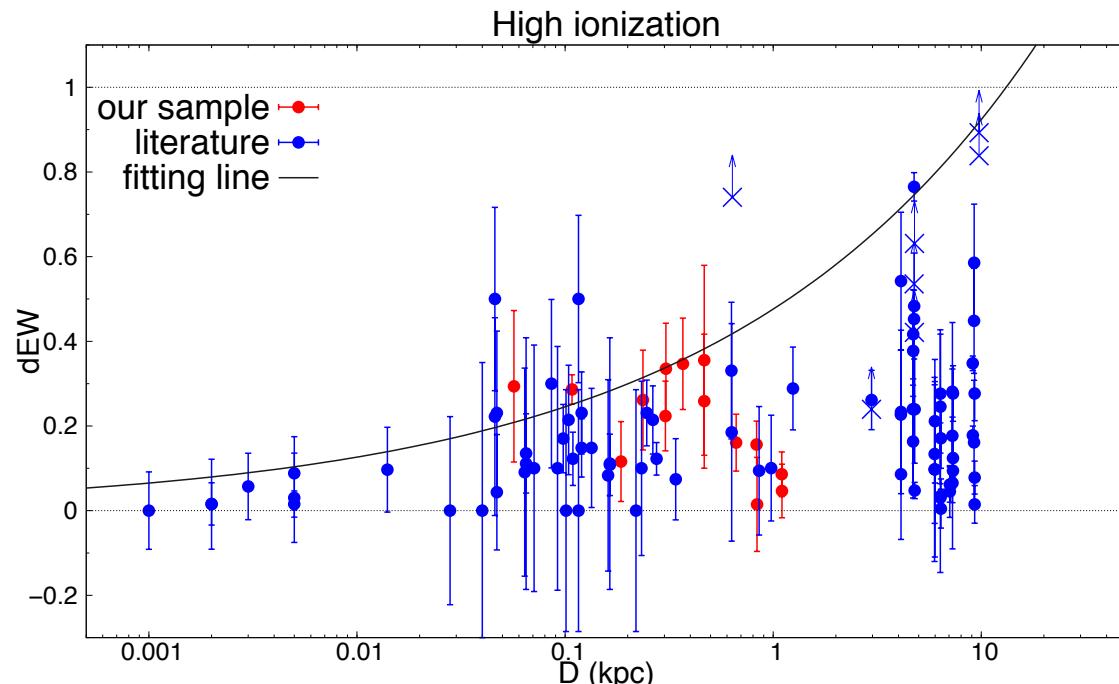
上 高電離吸收体

下 低電離吸收体

fitting line:

Dの増加に伴うdEWの上限値の変遷を示す包括線

※×点:一方のサイトラインのEWが $3\sigma(\text{EW})$ 以下



4. 考察

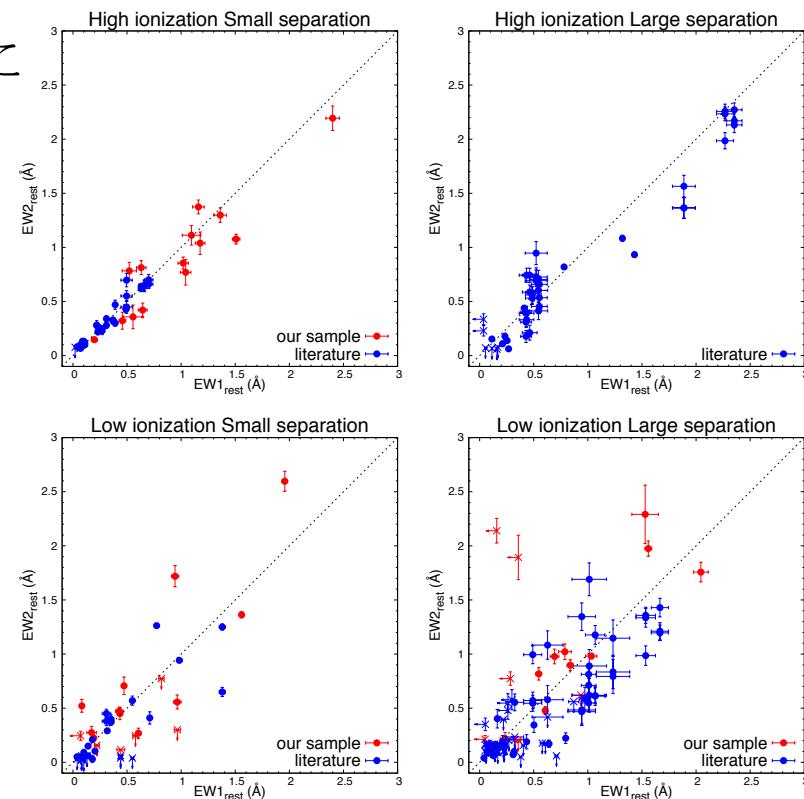
○サブサンプルごとのEW-EW分布から○

❖ 高電離より低電離の吸収体、small separationよりlarge separationの場合でEWの差が大きくなる。

⇒高電離吸収体に比べ、低電離吸収体はより小さいサイズでガスの物理状態が変化しやすい

❖ 高電離吸収体はDの大小でEW-EW分布に大きな差は生じない

⇒高電離吸収体はサイズが数十倍になってもガスの物理状態に大きな違いは現れない



○電離度サブサンプルによるD-dEW分布から○

❖ 「fitting lineとdEW=1の交点が吸收体の典型的なサイズの上限値」と考えると…

⇒高電離吸收体は小さくとも数十kpc以上のサイズを持つ、一方で低電離吸收体はその100分の1の数百pcのサイズで分布している

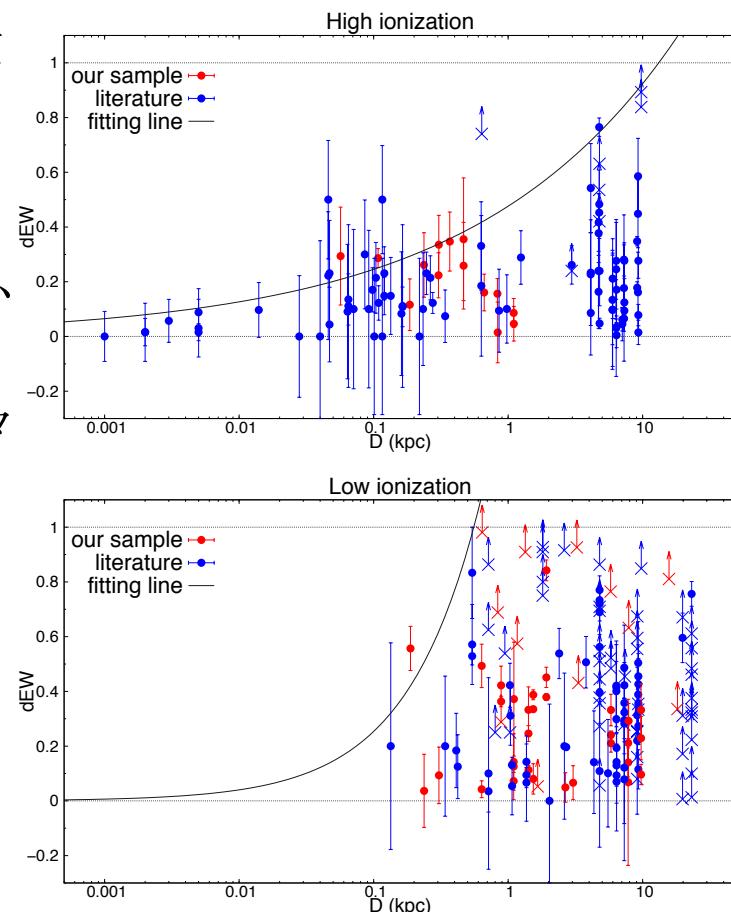


Smette et al. (1995)やEllison et al. (2004)に一致

❖ 本研究のサンプルはS/N比や検出限界など
が非一様ではあったが各プロットを見る限り、
観測的バイアスは影響していない

⇒今後サンプルを増やす場合、非一様なデータ
ソースでも可能というメリット

⇒サンプルを増やすことでより定量的な議論が
可能



5. Future Work

○D-dEW分布モデル○

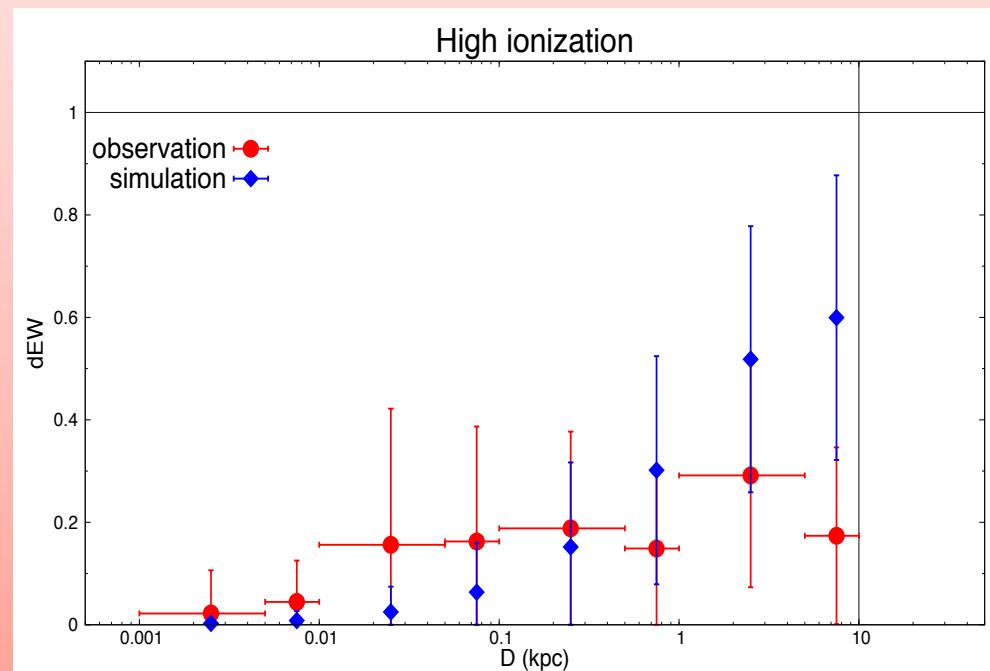
中心からの距離 r に依存する球対称のEW分布を持つガス球を仮定し、ランダムに2本のサイトラインを選択。視線間実距離 D と等価幅変動値dEWを仮想的に算出する。

【例: 1次関数的なEW分布を持つ中心EW=2.5Å、直径10kpcの

ガス球モデル】

- ◆ 観測値を最も良く再現するEW分布及びガス球のサイズを定量的に評価する。
- ◆ 単一のガス球だけでなく、Multipleなガス球分布モデルも試行する予定。

多視線分光観測による
空間情報を最大限に生かし、
CGMの構造の特定に挑む



まとめ

○目的○

- 銀河の形成・進化のプロセスを解明するために、レンズクエーサーを用いた多視線分光観測でCGMの形態調査を目的とした。

○手法・解析○

- レンズクエーサー13天体の低-中分散分光データを用いて、銀河・銀河周辺物質の金属吸収線の統計的調査を行った。
- 287本の金属吸収線を同定し、視線間実距離D、等価幅EW、等価幅変動値dEWのパラメータを評価した。さらに電離度と視線間実距離Dごとにサブサンプルに分割し、傾向の違いを確認した。

○結果○

- EW-EW分布より、高電離吸収体より低電離吸収体、Large separationよりSmall separationで等価幅の違いがより大きくなることがわかった。
- D-dEW分布より、典型的な吸収体のサイズは、高電離吸収体で 数十 kpc以上、低電離吸収体で数百 pc以下であると推察される。

○将来の展望○

- D-dEW分布モデル計算を行い、観測値と再現しうるガス球のサイズ、EW分布、multiple gasモデルを定量的に評価する。
- サンプル数を増やし、吸収体の赤方偏移進化なども検証する予定。